

# “Simulación de un Hábitat Inteligente en Función del Ambiente y los Artefactos Activos”

Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza experimental de la Robótica (ISIER)  
Facultad de Informática Ciencias de la Comunicación y Técnicas  
Especiales (FICCTE)  
Universidad de Morón  
Cabildo 134, (B1708JPD) Morón, Buenos Aires, Argentina  
Tel: 54-11-5627-2000 (int 272) - Fax: 54-11-5627-2002

María M. Bruno  
[mariambruno@yahoo.com.ar](mailto:mariambruno@yahoo.com.ar)

M. Ing Jorge S. Ierache  
[jierache@yahoo.com.ar](mailto:jierache@yahoo.com.ar)

## RESUMEN

El objetivo es la presentación de los resultados de una simulación, orientada a modelar un hábitat inteligente (de un ambiente de una vivienda inteligente), en función de la interacción de artefactos activos en el ambiente.

En un hábitat inteligente, se produce una interacción entre tres conjuntos de elementos: Por un lado, el conjunto que conforma el *Entorno del Hábitat*, que comprende a los subconjuntos *Interno* (por Ej. la luminosidad interior de la vivienda) y *Externo* (por Ej. la luminosidad exterior). Por otro lado, el conjunto de los *Dispositivos*, que incluye elementos como las persianas, aire acondicionado, etc. sobre cuyo estado influye directamente el entorno del hábitat. Y por último, se encuentran los *Artefactos del Ambiente*, que abarca a elementos como el microondas, televisión, etc. elementos que dependiendo de si están activos o no, pueden determinar un comportamiento diferente del sistema.

En la simulación presentada se muestra la interacción que se produce entre los tres conjuntos simultáneamente, con un caso; el control difuso de persianas, teniendo en cuenta la presencia de un artefacto de ambiente, que dependiendo de si está encendido o apagado determinará un ajuste diferente para las persianas de la habitación (conjunto de Dispositivos).

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, Vivienda inteligente, Lógica difusa, Simulación, Domótica, Hábitat inteligente.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones más recientes, apuntan a la creación de viviendas inteligentes que se adapten fielmente a las necesidades de sus ocupantes, que sean capaces de diferenciar las necesidades individuales de cada persona y actuar en consecuencia, sin que esto implique

una intrusión en sus actividades. Para esto se requiere que las aplicaciones para viviendas inteligentes, tengan capacidad de percibir el entorno en una forma más similar a la que lo hacen los humanos, para así poder representar e interpretar la información de un modo mucho más realista, y comprensible para las personas.

Las interfaces deben ser amigables para los usuarios, los que deben intervenir lo menos posible dentro del ciclo de control.

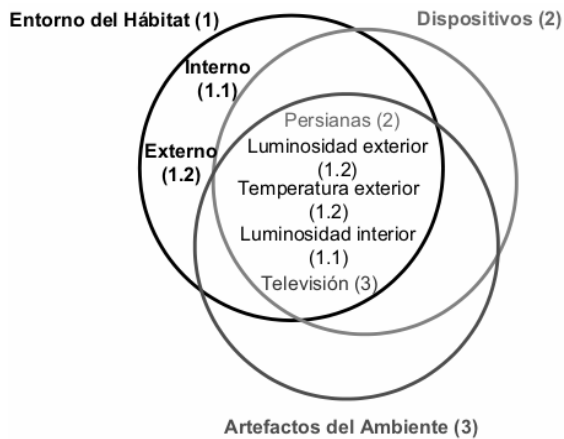
También es importante que un sistema inteligente, sea capaz de aprender de la experiencia, y ser lo suficientemente flexible para permitir modificaciones y adaptarse conforme cambia el entorno circundante.

Para el logro de estos objetivos, ya no basta con las herramientas tradicionales de diseño y programación, varias de las técnicas de Inteligencia Artificial, tienen aplicación en las viviendas inteligentes. Los *Algoritmos Genéticos* (AG), se pueden aplicar, por ejemplo, en la planificación del ahorro de la energía. [6].

La *Lógica Difusa o Fuzzy Logic*, se puede aplicar en los sistemas de control de la iluminación, en el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), control automático de las persianas, duchas, entre otros. Además, en el mercado ya existen muchas implementaciones de artefactos que utilizan lógica difusa, como televisores, filmadoras, lavarropas, microondas, etc. [1], [4].

Las *Redes de Neuronas (RNA)*, son aplicables en los sistemas de control de la iluminación, y también para la implementación de comandos de voz (Modelo de Kohonen). [2], [3], [5].

La aplicación desarrollada, se centra en la implementación de un simulador en un hábitat inteligente, que interopera en función del entorno (ambiente interno y externo), y los artefactos del hábitat, como se puede apreciar en la Figura 1-1.



**Figura 1-1. Conjuntos que interaccionan en el hábitat inteligente**

## 2. PROBLEMÁTICA

Las investigaciones más recientes [7], [8] apuntan a la búsqueda de la satisfacción de los siguientes objetivos, para los sistemas inteligentes del futuro:

- ✓ Creación de interfaces intuitivas, amigables con los usuarios.
  - Uso del sonido como interfaz de usuario.
  - Uso de comandos de voz.
- ✓ Capacidad de anticiparse a las necesidades de los usuarios sin resultar inoportunos.
- ✓ Capacidad de aprender de la experiencia, razonar y evolucionar.
- ✓ Flexibilidad a los cambios.
- ✓ Satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los ocupantes.
- ✓ Incremento en la seguridad y confort.
- ✓ Incremento de la estimulación del trabajo (en una oficina inteligente).
- ✓ Mayor modularidad y funcionalidad.
- ✓ Disponibilidad de medios avanzados de telecomunicaciones.
- ✓ Ahorro energético.
- ✓ Preservación el medio ambiente.

## 3. MODELO PROPUESTO PARA EL CASO DE SIMULACIÓN

La simulación desarrollada utilizó como base un hábitat tipo, es decir una vivienda para una familia constituida por matrimonio y dos hijos. Dicha simulación debería incluir los siguientes sistemas para definir un modelo completo:

### 3.1. Sistemas de la Vivienda Propuesta

#### 3.1.1. Sistema de Gestión.

- 3.1.1.1. Subsistema de iluminación ambiente.
- 3.1.1.2. Subsistema control automático de persianas.

- 3.1.1.3. Subsistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).
- 3.1.1.4. Subsistema de gestión de calidad del aire.
- 3.1.1.5. Subsistema de riego automático.

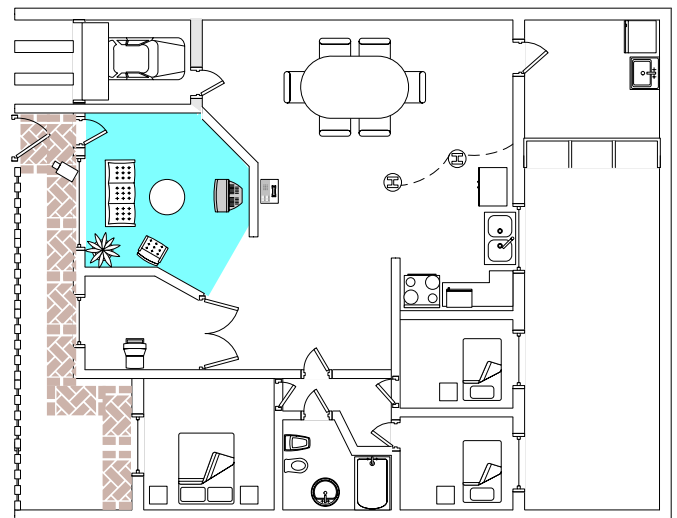
#### 3.1.2. Sistema de control comando.

- 3.1.2.1. Subsistema de control técnico.
- 3.1.2.2. Subsistema de seguridad y teletransmisión.
- 3.1.2.3. Subsistema de televigilancia y teleasistencia.
- 3.1.2.4. Subsistema de asistencia-salud.

#### 3.1.3. Sistema de comunicación.

- 3.1.3.1. Subsistema de comunicación-control.
- 3.1.3.2. Subsistema de comunicación-esparcimiento.
- 3.1.3.3. Subsistema de comunicación-servicios.

De los sistemas enumerados anteriormente, para la simulación se seleccionó el *control automático de las persianas*, en la zona sombreada que se muestra en la Figura 3.1-1.



**Figura 3.1-1. Plano de planta de la vivienda modelo**

## 4. IMPLEMENTACIÓN

La implementación se realizó en Borland C++ Builder. En el lenguaje ANSI C++.

El sistema seleccionado para la implementación es el control automático de persianas.

La implementación consiste en un servidor, que actúa como simulador climático pasándole parámetros al cliente, que es la casa inteligente. El cliente realiza los cálculos correspondientes en base a los parámetros recibidos, y muestra los resultados pertenecientes al sistema tradicional, y al sistema difuso, para ese conjunto de datos de entrada determinado.

#### 4.1. Funciones para la implementación difusa

**fuzzificarLuzE** Esta función permite pasar de los valores de iluminación medidos por el sensor, a valores difusos. Para esto utiliza las siguientes ecuaciones (4.1-1., 4.1-2 y 4.1-3) que definen los conjuntos difusos correspondientes a la luminosidad:

##### Ecuación 4.1-1. Ecuación lineal del conjunto difuso “BAJA”

$$Y = -2/15X + 1 \quad \forall x \in [0; 7,5].$$

##### Ecuación 4.1-2. Ecuaciones lineales del conjunto difuso “MEDIA”

$$Y = 0,2X - 1 \quad \forall x \in [5; 10].$$

$$Y = -0,2X + 3 \quad \forall x \in [10; 15].$$

##### Ecuación 4.1-3. Ecuación lineal del conjunto difuso “BRILLANTE”

$$Y = 0,1x - 1 \quad \forall x \in [10; 20].$$

**fuzzificarT:** Esta función permite pasar de los valores de temperatura medidos por el sensor, a valores difusos. Para esto utiliza las siguientes ecuaciones definidas en 4.1-4., 4.1-5. y 4.1-6.

##### Ecuación 4.1-4. Ecuaciones lineales del conjunto difuso “FRIA”

$$Y = 1 \quad \forall x \in [-10; 5].$$

$$Y = -0,06X + 1,2 \quad \forall x \in [5; 20].$$

##### Ecuación 4.1-5. Ecuaciones lineales del conjunto difuso “TEMPLADA”

$$Y = 53/300X - 2,7 \quad \forall x \in [15; 20].$$

$$Y = -0,2X + 5 \quad \forall x \in [20; 25].$$

##### Ecuación 4.1-6. Ecuaciones lineales del conjunto difuso “TEMPLADA”

$$Y = 0.0675X - 1,35 \quad \forall x \in [20; 35].$$

$$Y = 1 \quad \forall x \in [35; 45].$$

#### 4.2. Funciones para la evaluación de reglas

**andFuzzy:** Esta función se utiliza para implementar el and difuso, para esto la a función compara los números que recibe como parámetro, y devuelve el menor de ellos.

**orFuzzy:** Esta función se utiliza para implementar el or difuso, para esto la función compara los números que recibe como parámetro, y devuelve el mayor de ellos.

**si:** Devuelve true, si el valor que recibe como parámetro es mayor que cero.

**no:** Devuelve true, si el valor que recibe como parámetro es cero.

**reglas:** Es la implementación de las reglas difusas.

#### 4.3. Funciones para la el cálculo del centro de gravedad

**integral:** Esta función devuelve el valor de la suma de las integrales definidas entre dos puntos a y b, correspondientes a las funciones lineales de los conjuntos difusos de salida, cuyas ecuaciones se definen en 4.3-1., 4.3-2. y 4.3-3.

##### Ecuación 4.3-1. Ecuaciones lineales del conjunto difuso de salida “CERRAR”

$$Y = 1 \quad \forall x \in [-110; -90].$$

$$Y = -1/90X \quad \forall x \in [-90; 0].$$

##### Ecuación 4.3-2. Ecuaciones lineales del conjunto difuso de salida “MEDIO”

$$Y = 1/30X + 1 \quad \forall x \in [-30; 0].$$

$$Y = -1/30X + 1 \quad \forall x \in [0; 30].$$

##### Ecuación 4.3-3. Ecuaciones lineales del conjunto difuso de salida “ABRIR”

$$Y = 1/90X \quad \forall x \in [0; 90].$$

$$Y = 1 \quad \forall x \in [90; 110].$$

**integralX:** La función integralX calcula las integrales definidas de las ecuaciones f(x).x. Utiliza las mismas ecuaciones definidas en 4.3-1, 4.3-2. y 4.3-3.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Resultados obtenidos

En la tabla 5.1-1. se muestran los resultados obtenidos en la simulación del caso presentado. El hábitat inteligente es el *Living*. La *luminosidad interior* y *exterior*, y la *temperatura exterior*, pertenecen al conjunto de Entorno del Hábitat. La *persiana (Ang.)*, pertenece al conjunto Dispositivos, y el *televisor (TV)* pertenece al conjunto Artefactos del Ambiente.

Tabla. 5.1-1. Estación Verano, Living:

Hora	TV	Temp [°C]	Control Difuso		Control Tradicional		Lum. Ext. [Klux]
			Ang.	Lum. Interior [Klux]	Ang.	Lum. Interior [Klux]	
5:00	No	Idem todas	4	0	4	0	0
	Si	Idem todas			9	0	
5:59	No	Idem todas	11	0,156	4	0,059	2,394
	Si	Idem todas	11	0,156	9	0,119	
7:59	No	Idem todas	29	1,221	90	7,737	7,476
	Si	Idem todas	29	1,221	62	2,616	

10:00	No	5	90	6,472	90	6,472	12,88
	Si	Idem todas	21	1,558	22	1,61	
	No	10	81	5,811	90	6,472	
	No	15	73	5,262	90	6,472	
	No	20	80	5,768	90	6,472	
	No	25	43	3,138	90	6,472	
	No	28	37	2,699	90	6,472	
	No	33	27	1,974	62	4,507	
10:59	No	41	24	1,788	9	0,643	15,63
	Si	Idem hasta 28 °C	14	1,276	22	1,953	
	No	10	81	7,052	90	7,854	
	No	15	80	6,972	90	7,854	
	No	20	80	6,972	90	7,854	
	No	25	20	1,778	90	7,854	
	No	28	18	1,625	90	7,854	
	No	33	7	0,625	40	3,516	
12:30	Si	Idem todas	4	0,505	22	2,5	20
	No	10	90	10,05	90	10,05	
	No	15	90	10,05	90	10,05	
	No	20	90	10,05	90	10,05	
	No	25	20	2,275	72	8	
	No	28	15	1,697	49	5,5	
	No	33	7	0,799	22	2,5	
	No	41	4	0,5	4	0,5	

A continuación (Figuras 5.1-1, y 5.1-2), se muestra la pantalla del Living, para los resultados obtenidos en ambos sistemas, cuando es verano, son las 12:30 y el televisor está encendido. (Zona sombreada en la tabla 5.1-1.).



Figura 5.1-1. Pantalla de control difuso



Figura 5.1-2. Pantalla de control tradicional

## 5.2 Análisis de los resultados

En la Figura 5.2-1. se presenta un gráfico que permite comparar las posiciones finales de la persiana en el sistema tradicional y el difuso, cuando la temperatura varía y la luminosidad es fija e igual a 20 KLux.

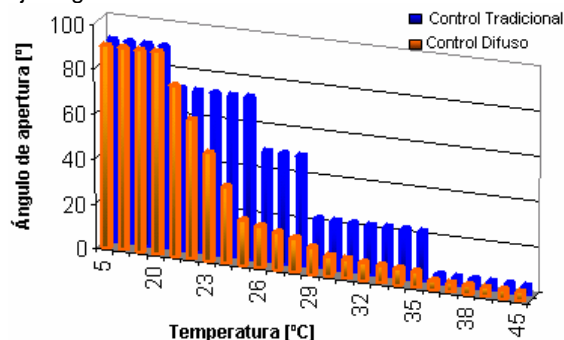


Figura 5.2-1. Comparación de los ángulos de apertura en ambos sistemas

Observando este gráfico (Figura 5.2-1.) se puede apreciar que en el sistema difuso, el cierre y apertura de persianas es gradual, y no escalonado. Es proporcional a las condiciones de luz y temperatura, y es el resultado de un punto de equilibrio entre ambos parámetros. En cambio en el sistema tradicional, se producen “saltos” en los resultados, lo que ocasiona una salida escalonada. El sistema difuso resulta mucho más flexible que el tradicional, ya que no se ajusta a valores fijos preestablecidos, y se adapta mejor a cada caso concreto de valores de entrada. Para el caso particular implementado, se puede decir que se aprovecha al máximo la luz natural del sol, teniendo en cuenta la influencia de la misma sobre otros factores, en los que podría actuar de forma negativa. Otra de las cosas que se ve con claridad es que en el sistema tradicional, en algunas ocasiones el ángulo resulta excesivo, y en otras insuficiente.

## 6. CONCLUSIONES

El sistema difuso, se adaptó mejor, y resultó más flexible, ante las diferentes situaciones que se le presentaron.

Permitió lograr un uso eficiente de la luz solar, con lo que se pudo alcanzar el objetivo del ahorro de energía. Además los ambientes que utilizan luz natural resultan más confortables y saludables, produciendo un impacto positivo en las personas.

A nivel de programación, se puede decir que es mucho más compleja la lógica difusa, que la tradicional. Fundamentalmente porque el presente trabajo se desarrolló sobre una plataforma que utiliza lógica booleana, y para implementar el código difuso, fue necesario incluir funciones especiales para permitir la fuzzificación de los valores reales, y otras muy complejas para el cálculo de integrales, necesario para la defuzzificación, entre otras.

Sin embargo, la complejidad en la programación, queda oculta para el usuario final, a quien no se la traslada, sino que por el contrario, se le simplifica el uso del sistema, ya que no necesita ocuparse en absoluto del control del mismo, y no debe invertir tiempo importante en aprender a usarlo.

Por lo tanto y como conclusión final, se puede decir que la aplicación de Inteligencia Artificial, para el caso planteado, mejoró el funcionamiento del sistema, haciéndolo más flexible, adaptable, y amigable con el usuario.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ACOSTA JIMÉNEZ, Antonio José, et al. *Aplicaciones con lógica difusa* [en línea]. [Sevilla, España]: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro Nacional de Microelectrónica, Tue Sep 27 11:09:52 2004 [ref. 5 de junio de 2005].  
Disponible en Web:  
<<http://www.imse.cnm.es/>>
- [2]. ANDINA DE LA FUENTE, Diego; VEGA CORONA, Antonio. *Redes neuronales*. [en Línea]. [Madrid, España]: Universidad Politécnica de Madrid UPM, Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones (SSR), 27-Mar-2003 12:06 [ref. de 20 agosto de 2005]  
Disponible en Web:  
<<http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/>>
- [3]. GARCÍA MARTÍNEZ, Ramón; SERVENTE, Magdalena; PASQUINI,

Diego. *Sistemas Inteligentes*. 1a ed. Buenos Aires: Nueva Librería, 2003. 347p. ISBN: 987-1104-05-7

- [4]. MUÑOZ MONER, Antonio Faustino; PARDO GARCÍA, Aldo. "Nuevos diseños de controladores por lógica difusa". *Revista Colombiana de Computación*. 2000, Vol 2, num 1, p. 35-42.
- [5]. SALAZAR, Harold, et al. *Informe sobre redes neuronales*. [en línea]. [Colombia]: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Eléctrica, 6 de Octubre 2000 [ref. 5 de junio de 2005].  
Disponible en Web:  
<<http://ohm.utp.edu.co/neuronales/>>
- [6]. SANZ HERNANZ, David; VALLE MILLÁN, David. *Algoritmos Genéticos* [en línea]. [Valladolid, España]: Universidad de Valladolid, Facultad de Ingeniería en Informática, 30 de marzo 2004 [ref. de 10 julio de 2005].  
Disponible en Web:  
<<http://www.gui.uva.es/uni.html>>
- [7]. STREIZ, Norbert, et al. "Designing Smart Artifacts for Smart Environments". *IEEE computer magazine*. 2005, vol 38, num 3, p. 41-49.
- [8]. SUMI, Helal, et al. "The Gator Tech Smart House: "A Programmable Pervasive Space". *IEEE computer magazine*. 2005, vol 38, num 3, p. 50-59.